动 物 学 研 究 1998，19（3）：218—224 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

咖啡天牛的生存对策、防治策略及其应用*

魏佳宁
（中国科学院昆明动物研究所昆虫实验室 昆明 650223）
于新文[1]
（西南林学院森林保护系 昆明 650224）

摘要 通过分析咖啡旋皮天牛 *Acalolepta cervinus* (Hope)和咖啡灭字虎天牛 *Xylotrechus quadripes* Chevr.的生态对策、种间竞争策略，并结合有害生物综合管理（IPM）理论、咖啡林生态系统的特性、咖啡天牛的发生特点，提出了咖啡天牛的防治策略。该策略应用于咖啡天牛的防治实践中，结果证明取得了较好的防治效果。

关键词 咖啡天牛，生存策略，生态对策，防治策略
中图分类号 Q969.511.4

近几年随着云南省咖啡种植面积的不断扩大，咖啡蛀干害虫发生和危害也呈明显的上升趋势，特别是咖啡旋皮天牛 *Acalolepta cervinus* (Hope)和咖啡灭字虎天牛 *Xylotrechus quadripes* Chevr.的为害尤为严重，对咖啡生产造成很大威胁(况荣平等，1997)。为害轻者造成叶黄枝枯，重者枝干风折，断裂枯死，到为害后期往往整株枯死，使咖啡产量锐减(邝炳乾，1977)。在本研究试验区思茅大开河咖啡场的调查显示，1994 年 10 月咖啡林平均受害率为 30%，1995 年 2 月平均受害率为 26%，1995 年 5 月平均受害率高达 51%，严重地影响了该咖啡场的咖啡生产。在思茅地区其他咖啡种植基地都存在着咖啡天牛为害严重的问题，如任其扩散漫延，势必造成无法挽回的经济损失。

生态对策是生物体在长期进化过程中不断适应其生存环境而形成的一种生存策略，这种策略总是使生物体向着它所生存环境的最大适合度方向发展(Southwood, 1981)。所以 MacArthur 等(1967)、孙儒泳(1991)按栖息环境和进化对策把生物分成 r-对策者和 K-对策者两大类，前者属于 r-选择，后者属于 K-选择。Pianka(1970)将 r-选择和 K-选择的有关特征进行了十分详细的比较，使人们很方便地利用这些特征区分不同的对策者。在实际中，r-对策者和 K-对策者不是绝对的，而是从极端的 r-对策者到极端的 K-对策者之间有一个连续的谱称 r-K 连续体(r-K continuum)。两个或两个以上物种同时存在于相同的生态系统中，共同利用同一资源时，种间必然存在竞争作用。两个物种的竞争作用的后果或相互适应共存，或一方占优势，或一个种取代另一个种，对两个种群都有负的影响(孙儒泳，1991)。无论物种的生态对策还是种间或种内竞争对策都是物种长期进化过程中为适应其生存环境和竞争者而形成的生存对策。对生物体生态对策的划分和生存对策的研究，为有益生物的保护和有害生物的防治提供科学依据。

* 本项研究为云南省应用基础基金资助项目和热区联合开发中心资助项目
①于新文现为中国农业大学植保系博士生
本文 1997-08-21 收到，1997-11-20 修回

1　材料和方法

1.1　咖啡天牛生活史的观察

分别于 1994 年底、1995 年初和 1996 年在样地砍取受害严重的咖啡树 200 株左右，带回养虫室，并锯成 50—60 cm 长的木段，剖开后检查咖啡天牛的种类、数量，并对木段和幼虫编号。保留有咖啡天牛虫体的木段作为观察材料。在木段底端包蘸水棉花，并经常补充水分，保持木段新鲜。对咖啡灭字虎天牛每 10 天观察 1 次，咖啡旋皮天牛每 15 天观察 1 次，记录幼虫的蜕皮、化蛹、成虫羽化以及各虫期的死亡和被寄生等情况。将木段养出的咖啡天牛成虫进行配对，利用雌虫接种新咖啡木段，观察其产卵量和卵的孵化率以及幼虫的存活率。

1.2　咖啡天牛发生特点和为害习性调查

在咖啡场分不同的坡向、坡位，不同管理条件调查一定数量样地资料，分析咖啡天牛对生存环境的偏好，一般每块样地调查的株数不少于 100 株。

1.3　咖啡树皮和木质部含水量的测定

在野外选取无咖啡天牛危害和有咖啡天牛危害的咖啡树各 10 株，在咖啡树径粗 3—4 cm 处(咖啡天牛产卵和危害频率最高的部位)取树皮和木质部样品，每株树 3 个重复，将样品装入封闭性好的瓶中(瓶在放入样品前已称重并编号)。带回实验室称鲜重，之后在 105℃高温下杀死 10 min，然后在 80℃下烘干 4—5 h 到恒重，称量后，计算含水量。

2　结果与分析

2.1　咖啡天牛的生存对策

2.1.1　咖啡天牛的生态对策　①咖啡天牛的存活曲线　对咖啡天牛生活史资料的分析得到咖啡灭字虎天牛种群存活曲线（图 1)。因野外采回木段卵较少，所以卵孵化率数据参考 Visitpanich (1994)的研究。Visitpanich (1994)的研究是在室内人工条件下接种饲养，没

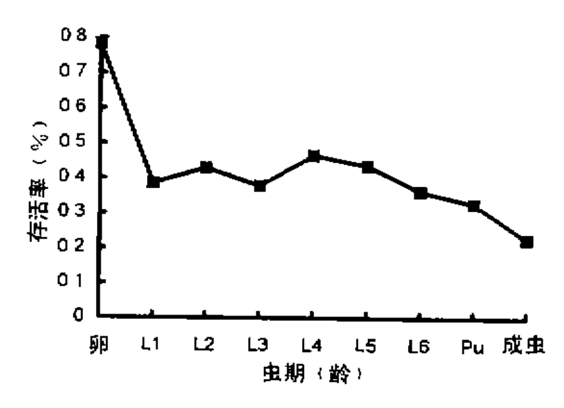


图 1　咖啡灭字虎天牛从卵期到成虫期的存活曲线

Fig.1　Survival curve of *X. quadripes* from egg to adult

L1—L6：1 至 6 龄幼虫（1st to 6th instar larvae)；Pu：蛹期(pupa stage).

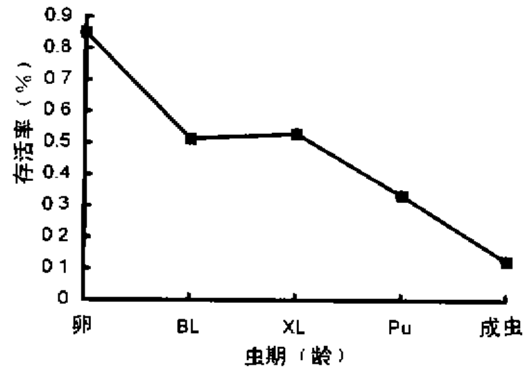


图 2　咖啡旋皮天牛从卵期到成虫期的存活曲线

Fig.2　Survival curve of *A. cervinus* from egg to adult

BL，树皮部幼虫期(larvae in bark place)；XL，木质部幼虫期(larvae in xylem place).

有天敌因子影响，因而，各虫期存活率均高于本项研究。由图1可以看出灭字虎天牛在3龄(未进入木质部)以前死亡率较高，大龄幼虫存活率较高，由于天敌作用蛹期死亡率又有一定程度地升高。该图与Deevey (1947)和丁岩钦(1994)提出的存活曲线类型相比，接近于C型，由此可以看出灭字虎天牛已经具备了r-对策昆虫的一个重要特征。同理从咖啡旋皮天牛存活曲线(图2)可以看出，树皮部幼虫死亡率较高，其他各期虫体死亡率比较接近。与3种类型存活曲线相比，接近于B型曲线。因而，旋皮天牛具备了K-对策类型昆虫的一个重要特征。

进一步利用两种咖啡天牛种群发生特点与Pianka (1970)提出的r-对策和K-对策昆虫具备的有关特征相比较，可得咖啡灭字虎天牛趋近于r-对策者，咖啡旋皮天牛趋近于K-对策者。

(2)Weibull分布模型判定咖啡天牛的生态对策　Pinder等(1978)利用Weibull分布函数导出了表示存活到特定年龄t的概率：

$$S_p(t)=\exp[-(t/b)^c] \quad (1)$$

其中t、c、$b>0$，c、b分别为Weibull频率分布的曲线类型参数与测度参数。存活曲线完全可用c值来决定，当$c>1$时为Deevey (1947)存活曲线的A型；当$c=1$时为存活曲线的B型；当$c<1$时为存活曲线的C型(丁岩钦，1994)。将图1和图2存活率和特定年龄t值代入(1)式中，分别计算两种天牛Weibull频率分布的参数c和b，结果见表1。

表1 咖啡天牛存活模型的参数

Table 1 The parameters in the model of survival curves of coffee stem-borers

虫 种	参数	$t=0.5$	$t=1$
咖啡灭字	b	5.29	5.67
虎天牛	c	0.47	0.57
咖啡旋	b	2.82	3.38
皮天牛	c	1.04	1.42

表1结果显示，咖啡灭字虎天牛世代的形状参数c值小于1，属于存活曲线3个基本类型中的C型；咖啡旋皮天牛的参数c接近于1或略大于1，曲线较接近于B型。进一步证明咖啡灭字虎天牛为r-对策者，咖啡旋皮天牛为K-对策者。

2.1.2　咖啡天牛种间竞争对策　于新文等(1997)和况荣平等(1997)对咖啡天牛的研究表明，两种天牛对粗的咖啡树径均具较强的选择性，即蛀孔在直径3—4 cm最为集中。由此推知它们之间应该存在较为激烈的种间竞争作用。但对单株虫口密度研究发现，单株虫口数为1头的频率最高，且咖啡天牛空间分布型为随机分布，表明两种天牛为了避免这种竞争，采取了种群随机分布的策略，种间相互起到了一定的制约作用，这也与它们共同利用的资源比较丰富有关。在这种情况下使得每个个体都能最大程度地发挥其生存潜力和繁衍能力，在适宜的条件下种群极易迅速增长。在这种条件下化学防治，不但不能控制其发生，还有可能因杀伤天敌而使咖啡天牛种群上升。

于新文等(1997)研究得咖啡天牛混合种群构成随时间发生变化，即在3—5月羽化出来的78%为旋皮天牛成虫，灭字虎天牛较少，而其他月份均有少量灭字虎天牛成虫出现，以6月、10—12月羽化数量较大。这种种群构成方式，可以形成幼虫危害的此起彼伏，从而增加了防治的难度。当然这种时间变化特性对降低种间压力是有利的。对两种天牛发生规律的研究中发现，它们在空间上也同样有相互回避的现象，如在同一株咖啡树上旋皮天牛多在分布中心靠下部，而灭字虎天牛则分布在中心靠上部，为害部位相距一定间隔。表2和表3结果显示了两种天牛对不同的坡位、坡向也各有所偏好。上述情况表明

这两个竞争的种群间出现了栖境的分化，这种生存策略是咖啡天牛之间以及它们和咖啡间长期适应的结果。

表 2 坡向对咖啡天牛危害的影响

Table 2 The influence of directions of mountain slopes on the damage of two borers species

坡向	灭字虎天牛有虫株率(%)	旋皮天牛有虫株率(%)
东	4.62	18.22
西	8.33	29.05
南	8.03	27.57
北	3.96	20.27

表 3 坡位对咖啡天牛危害的影响

Table 3 The influence of positions of mountain slopes on the damage of two borers species

坡位	灭字虎天牛有虫株率(%)	旋皮天牛有虫株率(%)
坡顶	6.70	13.40
坡上	8.32	12.20
坡中	4.62	16.30
坡下	1.90	20.80

2.1.3 咖啡天牛危害与咖啡树含水率之间的关系 研究中发现，咖啡灭字虎天牛在干旱季节危害较重、喜欢侵害衰弱木、而且还有多代在同一株咖啡木上连续为害的习性，最终导致咖啡树死亡；旋皮天牛也有旋蛀咖啡树皮和蛀干习性，对寄主植物为害部位的水份输导造成影响。据此判断咖啡树含水率对其为害有一定影响，对健康木与受害木的树皮和木质部含水率进行了测量，比较结果见表 4。

表 4 咖啡树皮和木质部含水量测定表

Table 4 The results of water contains of the bark and xylem of coffee trees related to different damage level caused by two borers species

受害情况	树皮含水量(%)	木质部含水量(%)
健康木	61.32	45.49
灭字虎天牛危害木	53.58	37.27
旋皮天牛危害木	55.42	41.67

对表 4 各数据之间进行 t 检验，两两间 P 值均大于 0.05，表明咖啡天牛为害对咖啡树含水量的降低影响不十分显著，但由数据仍可看出受害木无论树皮或木质部含水量均低于健康木，特别是有灭字虎天牛为害的树。这可能是气候干燥、树势衰弱有利于灭字虎天牛发生的原因。总结灭字虎天牛侵害咖啡树的过程为：管理差、立地条件差，加之干旱导致咖啡树衰弱，衰弱木招引灭字虎天牛产卵为害，进而使树势进一步衰弱乃至死亡，灭字虎天牛以衰弱木为中心进行扩散、这种过程形成咖啡树死亡和灭字虎天牛种群增长的不利局面。咖啡灭字虎天牛在这一过程中创造了有利于自身生存，而不利于咖啡树生长的条件，即降低寄主的含水量。因而，我们在防治咖啡灭字虎天牛的工作中应该抓住这个环节，提高管理水平，增强树势，即时清除虫源。

2.2 咖啡天牛的防治策略

我们根据有害生物综合管理（integrated pest management、即 IPM）理论、咖啡林生态系统的特性、咖啡天牛的生存对策及其发生特点，提出咖啡天牛的总防治策略为：从生态系统的整体出发，以咖啡群落生态学为根据，结合病虫害发生发展规律，综合采用多种方式或措施，创造一个有利于作物和天敌，不利于天牛的生态环境，将有害生物种群数量控制在经济允许水平以下，进而保证人畜健康、作物质量和产量。

2.2.1 林分保健策略 即运用咖啡栽培技术促进咖啡林健康生长，并在咖啡林中形成有利于咖啡正常生长而不利于天牛发生的生态环境，不但提高了咖啡的产量和质量，同时也增强了咖啡树的抗病虫能力。因此，我们认为，咖啡林分保健是咖啡林天牛综合防治的核

心策略，也是控制天牛危害的最根本途径。

2.2.2 预防为主的策略 依据咖啡种植业集约经营的性质和运作方式，并从防治的经济学角度考虑，认为咖啡天牛种群的管理必须要贯彻预防为主的策略，做到早发现，早防治，既可以避免它们在食物资源极度丰富的条件下迅速扩散漫延，又减少了防治费用，降低了天牛所造成的经济损失。实际上林分保健就是预防策略的一个重要内容。

2.2.3 防治措施的综合策略 鉴于两种咖啡天牛发生规律和为害特点各异，并且同一种天牛在发生的时间和空间上也有较大区别，因而对它们的防治必须根据咖啡的生长规律以及害虫的发生特点，综合应用林分保健、化学、物理以及生物等防治措施，在咖啡园内创造一个有利于作物和天敌，不利于天牛的生态环境，达到控制天牛的目的。

2.3 防治策略的应用

2.3.1 防治日历的建立 我们在思茅市大开河咖啡场初步建立了咖啡病虫害情况调查档案制度，定期调查记录病虫为害、分布状况，分析害虫发生趋势。在此基础上，根据咖啡天牛防治策略、防治技术措施及咖啡生长过程和天牛的发生特点，提出了大开河咖啡场天牛防治日历(表5)，体现了天牛综合管理理论的指导思想。

表5 大开河咖啡场咖啡天牛防治日历

Table 5 The control schedule of coffee stem borers in Dakaihe coffee plantation

月份	管理措施	目的
2月底—3月底	①修枝整形 ②摘顶 ③施肥 ④白僵菌泥涂干	①清除虫源 ②促进分枝，便于果实采收 ③改土、增肥，增强树势 ④防治灭字虎天牛卵和3龄以下的树皮部幼虫，毒杀成虫
4月中旬—5月下旬	①花期，花谢后施用叶面肥 ②进行树干包裹 ③白僵菌泥涂干 ④灯诱	①满足果实对营养的需求 ②防止成虫产卵 ③杀成虫、卵及幼虫 ④杀成虫
5月下旬—7月中旬	①松土、除草、施肥 ②人工刮抹树皮，菌液喷干 ③烟雾剂 ④人工捕捉成虫 ⑤灯诱 ⑥洒白僵菌粉剂	①改善林地环境，促进植株健康生长 ②杀卵或幼虫 ③防治成虫 ④为烟雾剂防虫的补充 ⑤杀成虫 ⑥建立白僵菌自然种群，控制天牛幼虫种群
7月中旬—9月	①除草、松土 ②清除初孵幼虫 ③白僵菌塞虫孔 ④喷杀菌剂(波尔多液、多菌灵)	①改善林地环境，促进植株健康生长 ②初孵幼虫出现时，可寻找后杀死 ③寻找蛀入孔，杀死幼虫 ④防叶、果和树干部病害
10月—11月上旬	①施N、P、K肥 ②深翻土 ③果实采收 ④人工捕捉成虫	①促进果实膨大，抗旱越冬 ②以利养分吸收 ③果实开始成熟，可以采收
12月—2月中旬	①果实采收，并将果皮浸泡发酵，待来年使用 ②清除严重虫害木	①堆肥 ②减少虫源，降低虫口基数

2.3.2　防治策略实施的效果　本防治日历自 1995 年 7 月开始实施到现在，已经取得了明显的防治效果，使仅占全场咖啡种植面积 1／5 的大田示范区咖啡鲜果产量连续 2 年达到全场总产量的 1／3，咖啡灭字虎天牛危害率<3%，旋皮天牛危害率<12%，综合防治区产咖啡鲜果比对照区多 2 000 kg／hm^2，不但保证了产量，而且使示范区达到了有虫不成灾的目的。特别是 1996 年的防治工作系统而严格，取得的效果尤为明显，使咖啡病虫害的发生和为害降低到了最小程度。1997 年初咖啡果收获时统计，全场共产鲜果 620 t，比 1995 年多 140 t。以上防治效果说明大开河咖啡天牛规范化管理措施达到了防治目的，因而具有较大推广和应用价值。

3　讨论

本文通过咖啡天牛存活曲线分析和 Weibull 分布函数计算，得出咖啡灭字虎天牛存活曲线趋近于 Deevey 划分的 C 型，咖啡旋皮天牛则趋近于 B 型。灭字虎天牛种群具有幼虫存活率很低，种群时间上变动大，不稳定，发育快速，产卵量大，生活史短，寿命少于 1 年的特征；咖啡旋皮天牛具有幼体存活率相对较高，种群平衡，竞争力高，繁殖力较低，生活史长，寿命通常近于或略大于 1 年的特征。依据这些特征，再结合其对应的存活曲线类型，判断咖啡灭字虎天牛的生态对策接近于 r–对策，旋皮天牛的生态对策接近于 K–对策。

根据 K–对策者的特征不难看出它在激烈的生存竞争中易取得胜利，但其种群在受到过度死亡或激烈动荡后，回到平衡水平的能力有限，经历的时间也较长。因此，对旋皮天牛这种 K–对策昆虫，应该利用林业技术措施和天敌因子对其进行制约，将其种群控制在较低水平，达到不成灾之目的。作为 r–对策者的灭字虎天牛种群密度经常经历激烈的上下波动，所以它在进化过程中通过提高生殖率和缩短世代时间来达到保持一定种群数量的目的。它不像类似于旋皮天牛的 K–对策者，在种群很小的情况下易灭绝，而是通过迅速增殖恢复到较高水平。特别是在咖啡生态这种可利用资源十分丰富的栖境中，其密度制约因子如天敌、管理等一旦失控，其种群将迅速增长，导致咖啡生产损失严重。因此，对灭字虎天牛应树立长期监测的防治思想和体系，综合利用各种防治手段，创造一个有利于作物和天敌，不利于天牛的生态环境，将其种群数量控制在经济允许水平以下。

致谢　本项工作得到昆明动物研究所况荣平研究员的关心和支持，同时在野外工作中得到大开河咖啡场李光华先生和朱家荣等同志的大力协助，谨致谢意。

参 考 文 献

丁岩钦，1994. 昆虫数学生态学. 北京：科学出版社. 135—240.
于新文，况荣平，1997. 咖啡天牛幼虫种群的空间分布型及应用. 动物学研究，**18**(1)：39—44.
邝炳乾，1977. 广西咖啡树两种虎天牛的研究. 昆虫学报，**20**(1)：49—56.
孙儒泳，1991. 动物生态学原理. 北京：北京师范大学出版社. 111—317.
况荣平，于新文，钟　宁，1997. 思茅咖啡天牛种群构成与危害的时空特性研究. 动物学研究，**18**(1)：33—38.
孟绪武，黄雅志，1962. 咖啡旋皮天牛的初步研究. 昆虫学报，**11**(4)：430—431.
钦俊德，1987. 昆虫与植物的关系——论昆虫与植物的相互作用及其演化. 北京：科学出版社. 15—29.
Pianka E R，1970. On "r" and "K"–selection. *Am. Nat.*，**104**：592–597.

Southwood T R E, 1981. Bionomic strategies and population parameters. In: Theoretical ecololgy. (Second edition). 30–52.

Visitpanich J, 1994. The parasitoid wasps of the coffee stem borer, *Xylotrechus quadripes* Chevrolat (Coleoptera, Cerambycidae). *Jap. J. of Ent.*, **62**(3): 597–606.

STUDY ON LIVING STRATEGIES OF COFFEE STEM BORERS, *Xylotrechus quardripes* AND *Acalolepta cervinus*

WEI Jia-ning

(*Kunming Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Kunming* 650223)

YU Xin-wen

(*Department of Forest Protection, Southwest Forestry College, Kunming* 650224)

Abstract

This paper deals with bionomic strategies, interspecific competition strategies of coffee stem-borers, *Xylotrechus quardripes* Chevr. and *Acalolepta cervinus* (Hope). Moreover, combined these strategies, which regarded as the living strategies of coffee stem borers, with the theory of Integrated Pest Management (IPM), the features of coffee eco-system, and the attacking characteristic and occurrence regulation of coffee stem borers, a series of prevention and control strategies of these two beetles were formulated. These prevention and control strategies were proved to have good control effects in the practice of pest management.

Key word Coffee stem borer, Living strategies, Bionomic strategies, The prevention and control strategies